

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ
ХЕРСОНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

ШЕРСТЮК Владимир Григорьевич

**МОДЕЛИРОВАНИЕ РАССУЖДЕНИЙ В
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ
ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ
ИНТЕРФЕЙСОВ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ**

05.13.04 Автоматизированные системы управления
и системы обработки информации

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

ХЕРСОН 1996

Дв. 35. 904

Диссертация является рукописью.

Работа выполнена на кафедре Программного обеспечения ЭВМ Херсонского
индустриального института.

Научный руководитель - доктор технических наук,
профессор Ходаков В.Е.

Официальные оппоненты - доктор технических наук,
профессор Петров Э.Г.
доктор технических наук,
профессор Шаронова Н.В.

Ведущая организация - Институт Кибернетики
им. В.М. Глушкова НАН Украины

Защита состоится *17 листопада* 1996 г. в часов на заседании специализированного совета К19.01.06 Херсонского индустриального института по адресу: 325008, г.Херсон, Бериславское шоссе, 24, корп.3, ауд. 322.

Отзывы на автореферат (в двух экземплярах, заверенные печатью учреждения, просим направлять по адресу: 325008, Херсон, Бериславское шоссе, 24, ХИИ, Ученому секретарю.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Херсонского индустриального института.

Автореферат разослан *16 лютого* 1996г.

Ученый секретарь специализированного совета
кандидат технических наук, доцент



Ф.Б. Рогальский

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00739764 (-)

AB-35.904 1

Актуальность работ

В настоящее время совершенствование средств пользовательского интерфейса (ПИ) является одной из наиболее важных задач. Это обусловлено массовым выпуском персональных ЭВМ, значительно приблизивших средства вычислительной техники к конечному пользователю, а также существенными изменениями в уровне подготовленности пользователей и структуре задач, решаемых ими. В частности, наиболее массовыми пользователями ЭВМ стали непрофессиональные пользователи, активно применяющие ЭВМ в решении тех или иных задач своей повседневной деятельности, но не желающие или не имеющие времени на совершенствование своей подготовки в области вычислительной техники - области, не связанной с основной профессиональной деятельностью. Качество и сроки решения задач с помощью ЭВМ такими пользователями в первую очередь зависят от качества и эффективности ПИ, предоставляемого программными системами.

Существующий уровень развития средств ПИ, и в первую очередь наиболее передовых графических, таков, что с одной стороны, потребности непрофессиональных пользователей удовлетворены далеко не в полной мере; а с другой стороны, усилия больших коллективов исследователей и разработчиков в этой области, направленные на повышение качества и эффективности средств ПИ традиционными методами и способами, дают недостаточные на сегодняшний день результаты. Исследованию и решению различных вопросов повышения эффективности и качества взаимодействия с пользователем посвящены работы ведущих исследователей и научных центров, среди них В.М. Глушков, В.И. Скурихин, А.А. Стогний, В.И. Дракин, Э.В. Попов, В.И. Костюк, А.Д. Цвиркун, В.Е. Ходаков, Ф.И. Рыбаков, Ю.А. Яковлев, В. Деннинг, Г. Эссиг, Р. Коутс, Дж. Кейс, Р. Хартсон, А. Хокли, Б. Майерс, Р. Уаттс, Ф. Тэски и др.

В современных условиях на первый план выходит применение нетрадиционных средств при разработке ПИ, и одним из таких средств являются методы искусственного интеллекта (ИИ). Использование методов ИИ требует проработки ряда вопросов, связанных с представлением и накоплением знаний о взаимодействии пользователя с ЭВМ посредством ПИ, с моделированием предметной области, пользователя, средств взаимодействия, с проведением рассуждений на основе используемых знаний и т.д. Существенный вклад в решение вопросов моделирования рассуждений в интеллектуальных системах внесли А.Н. Аверкин, В.Н.

Л.И.И. В.С.И.
А.А.А.А.А.

Вагин, В.П. Гладун, Э.В. Попов, Г.С. Поспелов, Д.А. Поспелов, В.К. Финн, Е.И. Ефимов, А.Т. Ишмуратов, А.Н. Мелихов, Л.С. Бернштейн, А.С. Нариньяни, М.Ш. Цаленко, Н. Нильсон, Ф. Хейс-Рот, Д. Уотерман, Д. Ленат, Л. Заде, Д. Дюбуа, А. Прад, С. Осуга, Ю. Сазки, П. Уинстон, Р. Шенк, Т. Мотоока, Ф. Нгуен, А. Банди, В. Козн, Л. Кэнел, Дж. Куинлан, Э. Шортлифф и др.

Особенности средств ПИ, однако, не позволяют осуществлять их интеллектуализацию с помощью моделей и методов, разработанных для других приложений ИИ, напрямую, по следующим причинам:

1. Высокой динамичности, неопределенности и противоречивости действий пользователя в процессе взаимодействия, затрудняющих определение его целей.
2. Наличия временных ограничений, связанных с необходимостью обеспечения определенного времени отклика ПИ.
3. Наличия у пользователя конкретных планов решения стоящих перед ним задач, учитывающих его цели и определяющих его действия.
4. Невозможности априорной формализации многих видов знаний о пользователе и о процессе взаимодействия (неполноты знаний).

Наличие этих особенностей требует проведения дополнительных исследований и обуславливает актуальность разработки формально-логического аппарата для представления знаний и проведения рассуждений в средствах ПИ.

Цель и основные задачи работы

Целью настоящей работы является повышение качества ПИ для непрофессионального пользователя посредством создания системы интеллектуальной поддержки ПИ, основанной на построении и использовании моделей рассуждений на знаниях о предметной области.

Основной задачей научного исследования является разработка механизма рассуждений для реализации систем управления ПИ на основе концепции интеллектуальной системы поддержки пользовательского интерфейса (ИСППИ) с использованием математического аппарата нечеткой логики.

В рамках поставленной задачи решались вопросы:

— разработки формально-логического аппарата представления знаний в ИСППИ в рамках аксиоматического подхода;

разработки методов формализации знаний о предметной области на основе

предложенного формально-логического аппарата;

разработки методов и алгоритмов моделирования дедуктивных, приближенных и правдоподобных рассуждений на базе знаний ИСППИ;

разработки методов и алгоритмов проведения рассуждений в процессе работы ПИ;

оценки эффективности предложенных методов в рамках концепции ИСППИ.

Методы исследования

Для решения поставленных задач использованы методы теории вероятностей, теории нечетких множеств, теории возможностей, теории подобия, планирования целенаправленных действий, когнитивной и инженерной психологии.

Научная новизна и практическая ценность работы

Научная новизна состоит в использовании известных и подтвержденных практикой методов приобретения знаний и моделирования достоверных, правдоподобных и приближенных рассуждений на отдельных этапах формализации знаний и проведения рассуждений в ИСППИ в новом, не применявшемся ранее сочетании; а также в использовании логической модели представления знаний на основе языка нечеткой многосортной логики предикатов второго порядка (ЯНМЛП²) и комбинированной оценки степени неопределенности знаний и нечеткой оценки подобия объектов через уровни α -срезов нечетких множеств признаков на основе известных положений математического аппарата теории возможностей и теории вероятностей.

Практическая ценность диссертационной работы состоит в возможности комбинирования самообучения системы на примерах и обучения системы на основе экспертных знаний, в возможности оперативного внесения изменений в формальную систему, в возможности запуска в работу ИСППИ с частично заполненной БЗ, в возможности построения модели рассуждений на основе неточных, неполных и противоречивых знаний, в возможности сокращения трудоемкости процесса формализации знаний на некоторых этапах, и определяется возможностью использования результатов исследований при совершенствовании существующих и разработке перспективных средств ПИ на основе изложенной концепции ИСППИ для повышения показателей их эффективности и качества.

Реализация результатов работы

Результаты диссертационных исследований были использованы при выполнении НИР по разработке ряда АРМ автоматизированной системы управления на предприятии "Минск-Сервис"; при внедрении результатов НИР по разработке АРМ экспертов по скупке ценностей в Херсонском областном управлении Национального банка Украины; при выполнении НИР и ОКР по созданию интеллектуальной системы принятия решений на Херсонском автопредприятии АТП-16528; при выполнении ОКР по разработке АРМ бухгалтерии дошкольных учреждений на Херсонском целлюлозно-бумажном заводе; при разработке АРМ специалиста по гарантийному обслуживанию судов на Херсонском судостроительном заводе; при внедрении результатов НИР и ОКР по разработке АРМ специалиста отдела сбыта готовой продукции на Херсонском предприятии "Системавтоматика"; при подготовке ряда АРМ учебно-методического и организационно-методического характера в Херсонском промышленном институте.

Теоретические и практические результаты диссертационной работы использовались также при выполнении на кафедре программного обеспечения ЭВМ Херсонского промышленного института ряда хоздоговорных научно-исследовательских работ (регистрационные номера 31/92, 36/92, 39/92, 43/92).

Научные положения, выводы и рекомендации диссертационной работы использованы в учебном процессе при подготовке ряда курсов для студентов специальности 22.04 "Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем".

Апробация работ

Основные вопросы диссертационной работы докладывались на II Всесоюзной конференции по микропроцессорным системам, Челябинск, 1988 г; на семинаре "Микропроцессоры в системах контроля и управления", Пенза, 1989г; на IX Всесоюзной конференции "Планирование и автоматизация эксперимента в научных исследованиях, Москва, 1989г; на международном симпозиуме "INFO-89", Минск, 1989г; на семинарах научного совета АН Украины по проблемам "Кибернетика", "Прикладные проблемы информатики", Херсон, 1991-1995г; на II международной конференции "Компьютерные программы учебного назначения", Донецк, 1994г.; на III международной научно-практической конференции "Информационные ресурсы:

создание, интеграция и использование", Гута, 1996г; на II международной научной конференции "Теория и техника передачи, приема и обработки информации", Туапсе, 1996г.

Публикации

По теме диссертации опубликовано 15 работ.

Структура и объем диссертационной работы

Работа состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка литературы из 205 наименований и приложений. Основное содержание работы изложено на 182 страницах, в том числе содержит 22 рисунка и 2 таблицы.

Содержание работы

Во введении обоснована актуальность, сформулирована цель и дана постановка задачи исследования, отмечена научная новизна и практическая ценность работы, приводится перечень основных научных результатов, которые выносятся на защиту.

В первом разделе проанализирован существующий уровень развития средств ПИ, состояние работ в области их интеллектуализации, сформулированы предмет и границы исследования.

Анализируются характеристики и особенности пользователей и моделей взаимодействия с пользователем, применяемых при создании интеллектуальных средств ПИ. Отмечается, что существующий уровень развития ПИ не удовлетворяет потребностям непрофессиональных пользователей в части информативности, дружелюбности, эффективности, гибкости. Это связано, прежде всего, с ограниченными возможностями алгоритмического подхода к разработке ПИ, в основу которого положены автоматные или графовые модели взаимодействия "пользователь-ЭВМ". Поскольку поведение пользователя не поддается априорной алгоритмизации, повысить показатели качества ПИ можно путем использования подходов, в основе которых лежат логические модели взаимодействия пользователя с ЭВМ, в том числе основанные на модели средств абстрактного взаимодействия объектов, лежащей в основе перспективных объектно-ориентированных событийно-управляемых графических систем управления пользовательскими

интерфейсами (СУПИ). Задачи исследования ограничиваются разработкой формально-логического аппарата представления знаний и моделирования рассуждений для указанного типа ПИ.

На основе проведенного анализа формулируются требования, предъявляемые к математическому обеспечению перспективной системы поддержки ПИ. Определяется, что в наибольшей мере предъявленным требованиям удовлетворяет аксиоматический подход, применяемый при построении семиотических моделей, при условии его расширения формальным аппаратом, позволяющим учитывать неопределенность и противоречивость знаний и данных в предметной области. Неопределенность знаний о предметной области ИСППИ имеет характер как случайности, так и нечеткости, неточности, неполноты, поэтому необходимо использовать формальную систему, учитывающую все стороны неопределенности знаний в процессе рассуждений.

Предлагается концепция интеллектуальной системы поддержки пользовательского интерфейса (ИСППИ). СУПИ является функциональным блоком, непосредственно реализующим взаимодействие с пользователем и транслирующим действия последнего в события программной системы (ПС), а ИСППИ, согласно предлагаемой концепции, является вспомогательным компонентом, состоящим из БЗ и средств моделирования рассуждений, и контролирует процесс функционирования СУПИ. Выбранная структура позволяет ИСППИ до определенного момента времени не вмешиваться в ход процесса взаимодействия пользователя с ПС, а лишь наблюдать за ним, накапливая информацию. В некоторый момент времени на основе собранной информации средствами моделирования рассуждений становится возможным вывести заключение о локальной цели действий пользователя, и СУПИ, пользуясь полученным заключением, уведомляет соответствующим сообщением ПС. Таким образом, ИСППИ не является системой, принимающей решения о взаимодействии с пользователем, и не содержит функциональных блоков поддержки принятия решений.

Использование концепции ИСППИ при разработке перспективных средств взаимодействия с пользователем позволяет повысить показатели качества и эффективности ПИ для непрофессионального пользователя за счет использования логической системы рассуждений, выявляющей мотивы и цели пользователя на основе производимых им действий, направленных на изменение предметной области,

и использования знаний о пользователе, об интерфейсе и о себе, а также ослабить требования к подготовленности непрофессионального пользователя.

Указывается, что рассуждения на базе знаний ИСППИ должны учитывать неточность и неопределенность данных и знаний, связанных с действиями пользователя, и опираться при этом на правила и закономерности, полученные самой ИСППИ в процессе работы, что требует наличия в системе рассуждений средств моделирования правдоподобных, нечетких и неточных рассуждений, которые могут быть созданы с использованием математического аппарата нечеткой логики и теории возможностей. Для организации пополнения знаний системой необходимо также наличие механизмов самообучения на основе наблюдения за действиями пользователя, которые могут быть реализованы средствами индуктивных рассуждений.

Во втором разделе в результате проведенного анализа выявляется, что известные логические исчисления мало пригодны для формализации задач представления и использования знаний в ИСППИ вследствие их неконструктивности, неуниверсальности, отсутствия формальных средств представления неполноты, неточности и противоречивости знаний. Обосновывается целесообразность использования нечеткого многосортного логического исчисления второго порядка (ЯНМЛП²) для представления знаний в данной предметной области. Излагаются основные положения формальной системы, построенной на основе данного логического исчисления. Определяется синтаксис исчисления, вводятся правила семантической интерпретации и натурального вывода в данном исчислении, основанные на использовании подстановки термов, ограниченной предикатными переменными определенного сорта, и композиции подстановок. Формулируется определение ограниченности свободных переменных в формуле, на основе которого определяется условие правильности вывода:

1. никакая переменная не должна быть абсолютно ограничена в выводе более одного раза;
2. никакая переменная не должна ограничивать саму себя (непосредственно или по транзитивности).

Устанавливается, что используемое логическое исчисление является неполным, но семантически непротиворечивым и адекватным представлению знаний в данной предметной области.

формулируются подходы к использованию в разработанной формальной системе методов немонотонного вывода на основе обобщенного описания умолчаний и исключений, принятых в известной логике умолчаний Рейтера, и требования к методике формализации знаний.

Для практического использования предлагается структура концептуальной модели знаний о проблемной области, выделяются уровни знаний и метазнаний, определяются методы формализации знаний о процессах взаимодействия пользователя с ЭВМ, которая проводится в восемь этапов, в том числе:

1 этап. Разработка предварительного описания структуры предметной области.

2 этап. Семантический анализ предметной области.

3 этап. Формализация понятий и отношений предметной области.

4 этап. Построение обобщенного описания объектов предметной области.

5 этап. Построение формальных теорий предметной области.

6 этап. Заполнение системы баз данных основными фактуальными знаниями.

7 этап. Заполнение системы баз данных новыми фактами в процессе работы ИСППИ.

8 этап. Выявление закономерностей и новых связей между объектами.

Обосновывается необходимость применения механизмов моделирования правдоподобных и приближенных рассуждений для пополнения знаний ИСППИ в процессе взаимодействия с пользователем на 7 и 8 этапах.

В третьем разделе изложены результаты исследований, связанных с решением поставленной задачи исследования - разработкой методов и алгоритмов моделирования рассуждений для пополнения знаний ИСППИ о процессе взаимодействия и для выработки заключений, используемых средствами ПИ для улучшения эффективности и качества взаимодействия. Предложены методы оценки неопределенности с помощью мер доверия/правдоподобия в правдоподобных рассуждениях и мер необходимости/возможности в приближенных рассуждениях. Меры возможности и необходимости являются обобщением вероятностных мер на нечеткие множества с помощью вводимой функции распределения возможностей. Они могут являться субъективной шкалой измерения неопределенности типа нечеткости и неточности в приближенных рассуждениях, в то время как меры доверия и правдоподобия могут являться шкалой измерения неопределенности в правдоподобных

рассуждениях.

Совместное использование мер доверия, правдоподобия, возможности и необходимости в их эпистемологической интерпретации позволяет обобщить известные методы рассуждений на случай противоречивой, неполной и неточной исходной информации.

Формулируются основные положения теории нечеткого подобия, используемой для моделирования рассуждений по аналогии и для классификации ситуаций в ИСПИ. Отношение сходства R_Σ , ассоциированное с Σ , есть отношение подобия на U в том и только в том случае, если для любого значения $\alpha \in [0,1]$ для каждой пары $i, j \in P$ и каждой пары $x, y \in A_p$ таких, что

$$x \in A_{p_i}^\alpha, y \in A_{p_j}^\alpha, A_{p_i}^\alpha \cap A_{p_j}^\alpha$$

найдется число k такое, что

$$x, y \in A_p^{\alpha k}$$

Критерий подобия определяется как комбинация нечетких оценок свойств элементов множества A , соответствующих выбранному α -срезу множества U :

$$K(\tilde{A}_p, U) = \sup_{x \in A} \min(\mu_{\tilde{A}_p}(x), \mu_U^\alpha(x))$$

Тогда степень подобия $s^*(x, y)$ между парой $x, y \in A$ по критерию K есть нормированная оценка индекса сходства по α -срезу множества A , соответствующему критерию:

$$S_i^*(x, y) = \frac{\sup_{x \in A} \min(g(x \cup \bar{y}), g(\bar{x} \cup y)) - \sup_{x \in A} \min(g(\bar{x}), g(\bar{y}))}{1 - \sup_{x \in A} \min(g(\bar{x}), g(\bar{y}))}$$

$$\text{где } g(x) = \inf_{x \in A} \mu_{\tilde{A}_h}^\alpha(x).$$

Если существует m объектов (событий), и $h: K \rightarrow [0,1]$ есть частная оценка j -го объекта, а e_{ij} - обобщенная оценка, можно получить s_{ij}^* из интервала $[0,1]$ для всех объектов.

Обозначим $\bar{e} = \max\{e_{ij}\}$, $\underline{e} = \min\{e_{ij}\}$, и аналогично \bar{g}_{ij} и \underline{g}_{ij} . Производя нормализацию, получаем:

$$s_{ij} = \frac{\overline{g_{i,j}^*} - \underline{g_{i,j}^*}}{\overline{e_{i,j}} - \underline{e_{i,j}}} e_{i,j} + \frac{g_{i,j}^* \overline{e_{i,j}} - \underline{g_{i,j}^*} e_{i,j}}{\overline{e_{i,j}} - \underline{e_{i,j}}}$$

и далее

$$s_{i,j}^* = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (s_{i,j} - s_{i,j}^*)^2}$$

Приводятся принципы моделирования правдоподобных рассуждений на основе положений теории нечеткого подобия, рассматриваются их особенности. В частности, моделирование рассуждений по аналогии предполагает три этапа:

1. поиск аналогии - анализ модели и прототипа с целью выделения в них общих свойств отношений. Результат: вывод о степени аналогии модели и прототипа и выбор того или иного основания для будущего правила вывода по аналогии.

2. анализ основания и посылки - уточнение понятия аналогии, вкладываемого в используемое правило вывода, а также уточнение того содержания, которое вкладывается в посылку правила.

3. перенос информации с модели на прототип (применение правила вывода по аналогии).

Предлагаются способы описания объектов предметной области и суждений об объектах для последующего применения правил вывода по аналогии. Для установления аналогии используется выделение существенных признаков объектов путем взвешивания на нечетком интервале и последующего масштабирования весов признаков. Определяются процедуры поиска аналогичных объектов, в том числе и процедуры нахождения требуемых направления и глубины поиска. Сопоставление объектов при поиске аналогии производится с использованием оценочной функции Φ_1 , имеющей два аргумента - веса (информативный или значимый) признака анализируемого объекта и идентичного ему признака виртуального объекта. Тогда:

$$\Phi_1(\overline{W}(P_i^k), \overline{W}(P_j^l)) = \begin{cases} 1, & \text{если веса успешно сопоставимы,} \\]0, 1[, & \text{если веса приблизительно сопоставимы} \\ 0, & \text{если веса несопоставимы.} \end{cases}$$

Критерием включения объекта A_j в Ω_v является выполнение условия:

$$\forall P_v^l \in P_{\Omega_v}, \exists ! k: P_i^k \in P_i, \Phi_1(\overline{W}(P_i^k), \overline{W}(P_v^l)) = 1. \quad (P_i^k \text{ и } P_v^l - \text{идентичны})$$

Если $P_{K_v} = P_v$, процедуры сопоставления завершаются.

Если $P_{K_v} = \emptyset$ или $P_{K_v} \subset P_v$, то необходимо осуществить проверку прочих признаков из множества P_v , т.е. признаков, включенных в $P_v \setminus P_{K_v}$. Промежуточные значения функции Φ_1 предполагаются как нечеткие оценки, и в дальнейшем к ним применяется аппарат введенной теории нечеткого подобия.

В множество управляющих глубиной и направленностью поиска аналогии ключей включаются:

коэффициенты K_M и $K_{огр}$, определяющие требуемую степень схожести (подобия) объектов из Ω_v по отношению к A_v ;

указатели типа веса (информативного или значимого), используемого при анализе признаков;

указатель учета или неучета масштабов;

указатель расширения множества признаков по антипризнакам.

На основе предположения о простой зависимости правдоподобия заключений от правдоподобия посылки для индуктивных рассуждений

$$Pl(h, f_1 S) = \frac{b_1}{Pl(f_1, S)},$$

где h - гипотеза, f - факт, b - нечеткая оценка правдоподобия посылки, формулируется достаточное условие правомерности рассуждений по аналогии как $f_2 S \rightarrow f_1$, которое вытекает из правомерности индукции при замене h на f_2 .

На основе принятой системы допущений

1. Если $a \rightarrow b$, то $Pl(a, b) = 1$;

2. Если $a \rightarrow \overline{bc}$, то $Pl(bvc, a) = Pl(b, a) + Pl(c, a)$;

3. $Pl(bc, a) = Pl(b, a) \cdot Pl(c, a)$;

4. Если $a \leftrightarrow b$, то $Pl(c, a) = Pl(c, b)$, где a и b - некоторые факты;

получается неравенство:

$$\frac{b_2 - b_1}{1 - b_1} > \frac{c_1 - c_2}{1 - c_2},$$

из которого следуют необходимые условия правомерности умозаключения по аналогии:

1. Правдоподобность одной гипотезы при наличии другой не должна

зависеть от порядка, которым они рассматриваются:

$$Pl(h_1, h_2S) = Pl(h_2, h_1S)$$

2. Гипотезы h_1 и h_2 должны иметь общее основание h :

$$(f_1 \rightarrow h) \geq [(h \rightarrow f_1 \cdot f_2) \geq \frac{f_1}{f_2}].$$

Любая часть неравенства есть отношение правдоподобности аналогии и дает оценку ее правдоподобности на основе оценок правдоподобности гипотез h_1 и h_2 .

Для моделирования приближенных рассуждений использованы методы, предложенные ранее в работах Л.Заде, Д.Дюбуа и А.Прада.

Объединение в едином механизме рассуждений ИСППИ методов достоверных, правдоподобных и приближенных рассуждений требует решения проблемы пересчета степени неопределенности заключения при одновременном использовании различных методов. Выбор способа представления неопределенности в ИСППИ и результаты проведенного анализа показали направление поиска механизма оценки неопределенности в ИСППИ: комбинирование методов теории Демпстера-Шейфера с методами Куинлона в части замены операции объединения свидетельств на операции значительно меньшей вычислительной сложности и обеспечение комбинирования оценок возможности/необходимости с оценками доверия/правдоподобия.

Обобщение результатов на вероятностные меры возможности и необходимости, используемые в приближенных рассуждениях, позволило получить и систематизировать ряд правил комбинирования степеней неопределенности:

1. Весовые функции m_1 и m_2 определяют вероятностные меры. Тогда получаем $m_{12}(1) = 0$.

$$m_{12}(A) = \frac{a_1 a_2}{1 - a_1 - a_2 + 2a_1 a_2} = Pl(A);$$

$$m_{21}(A) = \frac{b_1 b_2}{1 - b_1 - b_2 + 2b_1 b_2} = Cr(A).$$

2. Весовые функции m_1 и m_2 определяют согласованные меры возможности. Тогда имеем:

$$m_{12}(1) = (1 - b_1)(1 - b_2);$$

$$m_{21}(A) = b_1 + b_2 - b_1 b_2 = Nes(A);$$

$$m_{22}(A) = a_1 + a_2 - a_1 a_2 = Pos(A).$$

3. Весовая функция m_1 определяет меру возможности, а весовая функция

m_2 - вероятностную меру. Тогда в результате комбинирования получается вероятностная мера:

$$m_{12}(1)=0;$$

$$m_{12}(A) = \frac{a_2}{1-b_1(1-a_1)} = Pl(A);$$

$$m_{21}(A) = \frac{b_2}{1-a_1(1-b_1)} = Cr(A).$$

4. Имеются две несогласованные, противоречащие друг другу меры возможности. Тогда получаем меру неопределенности, которая не является ни вероятностной мерой, ни мерой возможности:

$$m_{12}(1) = \frac{a_2}{1-\min(b_1, 1-a_2)} = Pos(A);$$

$$m_{12}(A) = \frac{a_2}{1-b_1(1-a_2)} = Pl(A);$$

$$m_{21}(A) = \frac{a_2 b_1}{1-b_1(1-a_2)} = Cr(A);$$

$$m_{22}(0) = \frac{\max(0, a_2 + b_1 - 1)}{1-\min(b_1, 1-a_2)} = Nes(A).$$

Практически машина дедуктивных рассуждений состоит из четырех блоков.

Блок точного вывода используется, только если посылки рассуждений имеют оценку $Cr=1$. Тогда рассуждение считается достоверным, и результату также присваивается значение $Cr=1$.

Блок вывода с неточными посылками используется, только если все посылки рассуждения имеют значимые оценки Cr , Nes или Pos . Тогда рассуждение считается приближенным, и его результат оценивается парой значений $\langle Nes, Pos \rangle$.

Блок вывода с нечеткими кванторами используется, только если хотя бы одна из посылок содержит нечеткую оценку квантификатора. Данный модуль формирует значимый для ВЗ результат, поэтому, получив оценку результирующего квантификатора, вывод просто заносится в ВЗ.

Во всех остальных случаях используется блок вывода с неопределенными посылками, причем оценки посылок приводятся с помощью введенных в п.п. 3.4 правил к паре значений $\langle Cr, Pl \rangle$. Результат этого рассуждения, считающегося неопределенным рассуждением, также имеет оценку $\langle Cr, Pl \rangle$, что предполагает

дальнейшее его использование в рассуждениях с неопределенными посылками и в процессе формирования гипотез.

Решение поставленной задачи включает следующие этапы:

1. Классификация события. Предполагает нахождение точного соответствия определенному классу событий в описаниях ВЗ; если событие четко не классифицируется, оно отправляется в блок поиска аналогий. Если для данного события обнаруживается аналогия, ВЗ пополняется описанием события с нечеткой классификацией (т.е. события нечеткого сорта).

2. Накопление исходных данных: в ВЗ заносится информация о событии и его контексте. Машина рассуждений ИСПИ перестраивает информацию о событии в предикатную форму вида $R(S, O, K)$ и записывает в ВЗ. Контекст K представляет собой структуру, показанную на рис. 1, H полагается как модель предметной области.

3. Обобщение. Выявленная информация о происходящем событии сопоставляется со знаниями о событиях, накопленными в ВЗ; при возможности обобщения формулируется гипотеза; если обобщение невозможно, используются правила вывода по аналогии.

4. Поиск рабочей гипотезы. На данном этапе в процессе рассуждений участвует блок дедуктивных рассуждений, в котором производится сопоставление выдвинутой на этапе 3 гипотезам оценок предпочтительности согласно текущему рассматриваемому плану действий пользователя, выбирается наилучшая гипотеза (с наибольшей оценкой) и считается рабочей.

5. Поиск следствий. На этом этапе также задействован блок дедуктивных рассуждений, в котором производится перебор знаний, связанных с происшедшим событием и выдвинутой рабочей гипотезой и формируются следствия.

6. Построение плана. В процессе рассуждений участвует блок построения планов. Выдвинутая рабочая гипотеза о событии рассматривается таким образом, чтобы событие полагалось средством к достижению цели. Цепочка событий $C_1 \dots C_n$ сопоставляется некоторой цели, рассматриваемой как событие $C_1 \times C_2 \times \dots \times C_n \rightarrow C'$, где C' - цель. Поступление необходимых событий в заданной последовательности $C_1 \dots C_n$ полагается как наличие средств для достижения цели. На основе выдвинутого предположения производится перебор типовых локальных целей, которые могут быть достижимы для данного контекста и данного средства; если данное

средство не ведет к достижению каких-либо известных целей, блок формирует гипотезу о связи данного средства с неопределенной целью, и система наблюдает дальнейшее развитие событий, пополняя БЗ знаниями об этой цели. Процесс завершается, как только появление какого-либо следующего события приводит к известной цели.

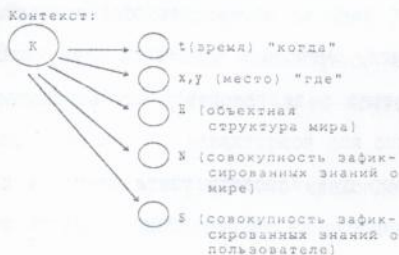
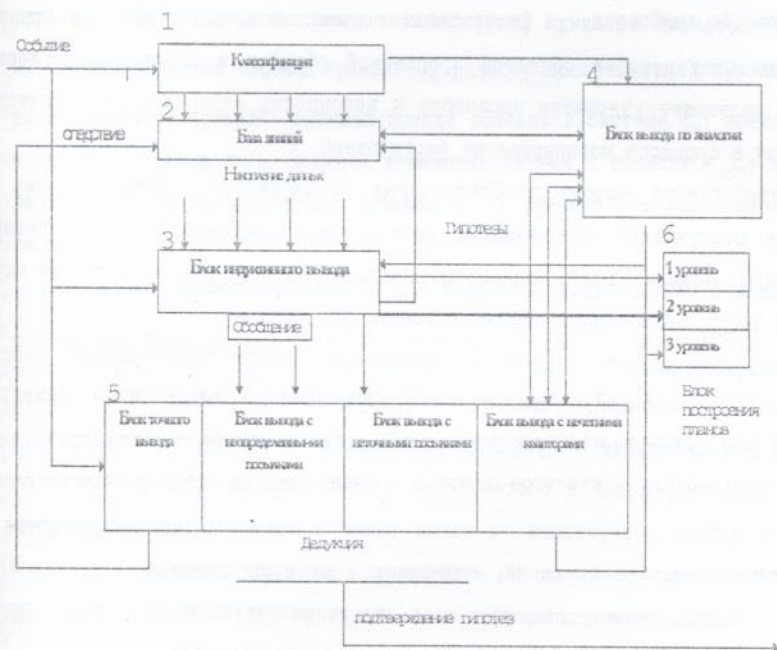


Рис 1 Представление информации о контексте события в ИСППИ

Рис. 2 Организация моделирования рассуждений на основе предложенного формально-логического аппарата.



Одновременно с наблюдением блок индуктивных рассуждений может принять в качестве рабочей гипотезы другую, если существует другая гипотеза с близкой оценкой предпочтения; тогда производится возврат к этапу 5. Если отсутствуют другие гипотезы, можно попытаться осуществить поиск других вариантов плана действий пользователя. Если таковой обнаруживается, он считается рабочим и производится возврат к началу этапа 6. Если же обнаруживается, что событие в данном контексте полностью опровергает построенный локальный план, либо наоборот, полностью достигает предполагаемой цели, производится изменение знаний о рабочей глобальной цели.

Для всех методов рассуждений предложены способы учета степеней неопределенности. Показывается возможность пополнения знаний ИСППИ с использованием правдоподобных рассуждений, определен способ оценки предпочтения гипотез в условиях противоречивости информации.

Рассмотренный метод оценивания неопределенности в процессе рассуждений с помощью комбинирования мер правдоподобия/доверия и мер необходимости/возможности позволяет объединить механизмы приближенных и правдоподобных рассуждений в рамках единого механизма рассуждений ИСППИ.

Разработанный механизм рассуждений по аналогии, основанный на оценке степени нечеткого подобию объектов предметной области и поиске аналогичных признаков, позволяет учитывать неполноту и неточность информации о действиях пользователя в процессе моделирования рассуждений.

Разработанные методы комбинирования приближенных, правдоподобных и достоверных рассуждений обеспечивают возможность приобретения и пополнения знаний ИСППИ в ходе процесса взаимодействия пользователя с ЭВМ, а так же корректировки построенной модели знаний о предметной области.

В четвертом разделе на основе предложенных методов моделирования рассуждений разработан механизм проведения рассуждений в рамках ИСППИ (рис.2), включающий классификацию ситуаций, появляющихся в процессе взаимодействия, выявление закономерностей и особенностей взаимодействия пользователя с помощью правдоподобных рассуждений, а также целей и потребностей пользователя с помощью приближенных рассуждений, основываясь на предположении о целенаправленности процесса взаимодействия и о недетерминированности связи цель-ситуация-действие при работе непрофессионального пользователя.

Предлагается метод оценки качества и эффективности ПИ с помощью нечетких показателей дружелюбности, эффективности, информативности, гибкости и устойчивости. Эти показатели невозможно измерить и выразить количественно с определенной точностью, поскольку они являются "нечеткими", а их оценка основывается на нечетких фактах. Однако, можно определить обобщенный показатель на основе некоторого набора частных показателей, таких как: время t_v приспособления пользователя Р к системе (измеряется как промежуток времени с момента начала работы пользователя с системой до момента достижения определенной скорости работы V^* , характерной для опытного пользователя); относительная скорость v_n общения пользователя Р с системой при решении определенного набора задач N (при этом требуется ранжирование результатов, поскольку необходим учет характеристик пользователя и внешней среды); относительное количество n_o ошибок при работе пользователя Р по решению определенного набора задач N за определенное время t ; количество n_t тупиковых ситуаций, или ситуаций, когда пользователь Р не может добиться от системы выполнения тех действий, которые ему требуются для решения для решения определенной задачи

N_i ; относительной скорости v_s перемещения по информационной модели при поиске определенных объектов S; числу пользователей n_1 , способных обучиться работе с ПС за определенный период времени t_m ; числу пользователей n_2 , желающих работать с данной системой; времени поиска объекта в системе t_n ; времени изменения структуры объекта t_{nco} ; времени изменения данных в объекте t_{ugo} ; времени изменения внешнего представления объекта t_{ubno} ; времени установления связей объекта t_{yco} .

Оценка дружелюбности ПИ для заданного пользователя Р может быть определена как функция $M_p = f(M, t_v, V^*, n_o, t, n_t, v_n, v_s)$ для данного набора задач пользователя N, а оценка эффективности СУПИ $Z_p = f(t_n, t_{nco}, t_{ugo}, t_{ubno}, t_{yco})$.

Оценка информативности может производиться только приближенно путем оценивания релевантности выдачи с помощью полученных частных показателей полноты Φ и точности Ψ :

Для приведенного метода оценивания ПИ определены методы сбора и анализа данных на основе метода семантического дифференцирования.

Анализ эффективности использования ИСППИ для решения задач поддержки

ПИ, по сравнению с существующими подходами, показал улучшение качества ПИ по показателям дружелюбности в 1,7 раза, информативности в 1,5-1,6 раза, гибкости в 1,2 раза, за счет накопления и поддержания знаний о пользователе и процессе взаимодействия. Эффективность применения ИСППИ может быть также проиллюстрирована диаграммой (рис.3), отражающей время достижения локальных целей пользователем при решении задач с помощью обычной СУПИ (1) и СУПИ с использованием ИСППИ (2).

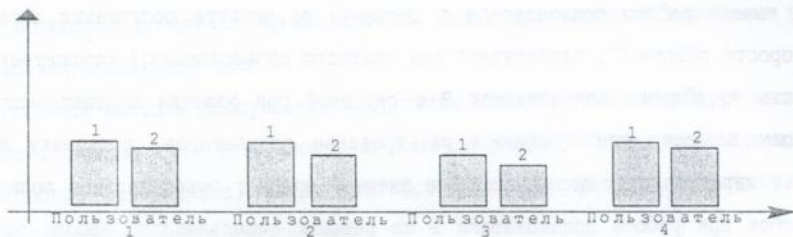


Рис. 3 Диаграмма эффективности применения ИСППИ

Применение ИСППИ позволяет уменьшить время достижения пользователем локальных целей в процессе работы с ПС, и соответственно уменьшить общее время решения задачи. Из приведенной диаграммы видно также, что практическая ценность ИСППИ значительно выше для непрофессиональных пользователей (1,2,4), чем для пользователя-профессионала (3).

С другой стороны, недостатком предложенной концепции ИСППИ являются значительно большие требования СУПИ к объему оперативной памяти и быстродействию процессора используемого компьютера, а также существенное увеличение расхода внешней памяти ПС из-за использования БЗ достаточно большого объема.

В заключении сформулированы выводы и рекомендации, полученные в результате проведенных в диссертационной работе исследований.

Основные результаты и выводы

В процессе выполнения исследований получены следующие теоретические и практические результаты.

1. Проведенный анализ существующего уровня развития средств ПИ и состояния работ в области их интеллектуализации показал, что повышение эффективности и качества ПИ для непрофессионального пользователя возможно путем совершенствования существующих и разработки новых средств ПИ на основе

логических моделей знаний о процессе взаимодействия. Выявленные особенности знаний и данных, используемых в процессе взаимодействия, позволили определить подходы к их формализации.

2. Разработана концепция ИСППИ, в рамках которой возможно создание перспективных средств ПИ. В качестве формальной основы для построения ИСППИ следует выбирать аксиоматический подход при условии его расширения формальным аппаратом, позволяющим учитывать динамику процесса взаимодействия, неопределенность и противоречивость знаний и данных. Использование аксиоматического подхода к представлению знаний предполагает построение формальных теорий предметной области в рамках конструктивной формальной системы.

3. Проведенный анализ известных логических исчислений показал малопригодность их для представления знаний о широком круге задач взаимодействия пользователя с ЭВМ. В качестве основы формальной системы предложено нечеткое многосортное логическое исчисление второго порядка, предоставляющее широкие выразительные возможности для описания знаний об объектах, их свойствах, отношениях и связях в предметной области, для описания каузальных и временных знаний, формирования понятий; а также позволяющее учитывать неопределенность и противоречивость знаний.

4. Разработана методика формализации знаний о процессах взаимодействия пользователя с ЭВМ, в основу которой положен общий подход к представлению знаний о процессах взаимодействия, основанный на использовании модели знаний о проблемной области и нечеткого многосортного логического исчисления второго порядка. Показано, что использование данного исчисления позволяет декларативно представить знания, необходимые для решения поставленных задач. На отдельных этапах предложенной методики формализации знаний используются известные методы приобретения и пополнения знаний, а также язык нечеткой многосортной логики предикатов второго порядка.

5. Предложены методы оценки неопределенности с помощью мер правдоподобия/доверия для правдоподобных рассуждений и с помощью мер возможности/необходимости для приближенных рассуждений. Разработаны способы пересчета степеней неопределенности суждений и умозаключений в обоих методах с целью объединения механизмов правдоподобных и приближенных рассуждений.

6. Предложены методы моделирования рассуждений по аналогии, в основе

которых лежит оценка степени нечеткого подобия объектов предметной области при проведении поиска аналогичных признаков и методы индуктивных рассуждений, связанные с самообучением ИСППИ в процессе наблюдения за взаимодействием пользователя с ЭВМ. Предложены методы выявления предпочтительности гипотез и оценки неопределенности в процессе правдоподобных рассуждений. Объединение механизмов рассуждений по аналогии и индуктивных рассуждений обеспечивает возможность приобретения и пополнения знаний ИСППИ в ходе процесса взаимодействия пользователя с ЭВМ, а способность использованного логического исчисления к представлению понятийных знаний - возможность корректировки концептуальной модели знаний о предметной области. Такая корректировка является одним из основных требований предложенной методики формализации знаний.

7. Предложены методы и механизмы проведения рассуждений в рамках ИСППИ, объединяющие механизмы нечеткой классификации ситуаций; выявления закономерностей и порождения гипотез с помощью индуктивных и дедуктивных рассуждений; приближенных рассуждений о целях действий пользователя и дедуктивный аппарат, лежащий в основе формальной системы, использующей нечеткое многосортное логическое исчисление второго порядка. Рассмотрены особенности рассуждений в процессе выявления целей пользователя при его взаимодействии с ЭВМ, в основе которых лежат предположения о целенаправленности действий пользователя и о неопределенности связей между целями, ситуациями и действиями пользователя.

8. Предложены методы оценки качества и эффективности ПИ с помощью нечетких показателей дружелюбности, гибкости, эффективности и информативности, предложены методы сбора и анализа данных для проведения такой оценки. Сравнительная оценка качества ПИ, разработанных в рамках ИСППИ и при использовании традиционных подходов показала, что применение ИСППИ позволяет улучшить качество и эффективность ПИ после заполнения базы знаний до определенного уровня, зависящего от предметной области. На начальном этапе функционирования ИСППИ, не уступая по качеству ПИ традиционным системам, проигрывает им в эффективности, что объясняется существенными затратами времени на процесс пополнения знаний.

Основные результаты исследований опубликованы в 15 печатных работах:

1. Ходаков В.Е., Шерстюк В.Г. Пользовательский интерфейс операционных систем персональных ЭВМ // Микропроцессоры в системах контроля и управления / Тез. докл. межрегионального семинара, г. Пенза, 1989, с.43-45.
2. Ходаков В.Е., Шерстюк В.Г. Модель для исследования структуры системы // Планирование и автоматизация эксперимента в научных исследованиях / Тез. докл. К Всесоюзной конференции, г. Москва, 1989, с. 62-63.
3. Ходаков В.Е., Шерстюк В.Г. Объектно-ориентированный подход к реализации интерфейса "человек-машина" // Микропроцессорные системы / Тез. докл. II Всесоюзной научно-практической конференции, г. Челябинск, 1989, с. 147.
4. Ходаков В.Е., Шерстюк В.Г. Операционная система для непрофессиональных пользователей ПЭВМ // Сб. докл. международного симпозиума: INFO-89, г. Минск, 1989, ч.1, с. 386-390.
5. Ходаков В.Е., Шерстюк В.Г. Об одном подходе к разработке программно-обеспечения систем управления // Сб. Теоретические и прикладные проблемы создания систем управления технологическими процессами, г. Москва, 1990, ч.1, с. 122-123.
6. Ходаков В.Е., Шерстюк В.Г. О пиктографическом интерфейсе операционных систем // Проблемы бионики: республиканский межведомственный научно-технический сборник, вып.46, г. Харьков, 1991, с. 81-83.
7. Шерстюк В.Г. Объектно-ориентированный подход к разработке информационного взаимодействия "человек-компьютер" // Проблемы автоматизации в управлении / Сб. докл. межрегионального семинара, г. Севастополь, 1990, с76-79.
8. Шерстюк В.Г. Объектно-ориентированный подход к реализации интерфейса "человек-машина" // Новые технологии в обучении / Тез. докл. зонального научно-технического семинара, г. Херсон, ХСХИ, 1990, с.37.
9. Ходаков В.Е., Шерстюк В.Г. Программный инструментарий для подготовки баз знаний обучающих систем // Компьютерные программы учебного назначения / Тез. докл. II международной конференции, г. Донецк, ДонГУ, 1994, с. 12.
10. Ходаков В.Е., Шерстюк В.Г. Обучающая программная система для курса "Архитектура вычислительных систем" // Компьютерные программы учебного назначения / Тез. докл. II международной конференции, г. Донецк, ДонГУ, 1994, с. 73.

11. Ходаков В.Е., Шерстюк В.Г. Интеллектуальный пользовательский интерфейс обучающих систем // Компьютерные программы учебного назначения / Тез. докл. II международной конференции, г. Донецк, ДонГУ, 1994, с. 90.

12. Ходаков В.Е., Шерстюк В.Г., Бень А.П., Сырчин Э.Б. Моделирование рассуждений по аналогии в интеллектуальных системах // Информационные ресурсы: создание, интеграция и использование / Сб. докл. III международной научно-практической конференции, г. Гута, 1996, ч.2, с. 103-106.

13. Ходаков В.Е., Шерстюк В.Г., Веселовская Г.В., Дидык А.А. Разработка учебной программной системы по бухгалтерскому учету // Развитие экономической науки в Украине и преподавание экономических дисциплин / Тез. докл. межрегиональной научно-практ. конференции, г. Херсон, 1996, с.26-28.

14. Ходаков В.Е., Шерстюк В.Г., Дидык А.А., Степанский К.Г. Оценка эффективности и качества пользовательского интерфейса // Теория и техника передачи, приема и обработки информации / Тез. докл. II международной научной конференции, г. Туапсе, 1996, с.123-126.

15. Ходаков В.Е., Шерстюк В.Г., Дидык А.А., Степанский К.Г. Разработка методики формализации знаний в интеллектуальных системах поддержки пользовательских интерфейсов // Теория и техника передачи, приема и обработки информации / Тез. докл. II международной научной конференции, г. Туапсе, 1996, с.101-103.

Анотація

Шерстюк В.Г. Моделивання міркувань в інтелектуальних системах підтримки інтерфейсів користувачів на основі нечіткої логіки. Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук по спеціальності 05.13.04 - автоматизовані системи керування та системи обробки інформації. Херсонський індустріальний інститут, 1996. Запропоновано концепцію інтелектуальної системи підтримки інтерфейсу користувача (ІСПІК), розроблено формально-логічний апарат для представлення знань та проведення міркувань о цілеспрямованій діяльності користувача в процесі вирішення задач за допомогою ЕОМ. Розроблено методику формалізації знань про взаємодію користувача з ЕОМ, запропоновані методи та алго

ритми моделювання приблизних та правдоподібних міркувань у ІСПІК, механізм об'єднання достовірних, правдоподібних та приблизних міркувань у рамках запропонованої концепції ІСПІК. Представлені методи оцінки ефективності та якості інтерфейсу користувача, побудованого на основі ІСПІК.

Ключові слова: інтерфейс користувача, інтелектуальна система, моделювання міркувань, формалізація знань, логічне обчислення, невизначеність, планування цілеспрямованої діяльності.

Sherstyuk V.G. Modelling reasoning in intelligent systems for support of the user interfaces on the basis of indistinct logic. A thesis for the scientific degree of the candidate of technical sciences, speciality code 05.13.04 - automated control systems and systems of information processing . Kherson industrial institute, 1996. The concept of intelligent system of support of the user interfaces (ISSUI) is offered, formal logic apparatus for representation of knowledge and realization of reasoning about teleological activity of the user during the decision of problems with the help of the computer is developed. A knowledge formalization technique of interaction user-computer is developed, methods and algorithms for modelling of approached and plausible reasoning in ISSUI, mechanism of association of authentic, plausible and approached reasonings within the framework of the offered concept ISSUI are offered. Methods of an estimation of efficiency and quality of the user interface, constructed on a basis ISSUI are submitted.

Keywords: user interface, intelligent system, reasoning modelling, knowledge formalization, logic, approached and plausible reasoning, user action planning.



Ответственный за выпуск Ф.Б. Рогальский

Подписано к печати 10.10.1996. Формат 60x84/16. Бумага печатная.

Услови. печати. листов 1,00 Тираж 100 Заказ №375.

441148

AB 35.904

AB. 35. 904